

ЧЕПУРНА ОКСАНА

Національний університет біоресурсів і природокористування

<https://orcid.org/0000-0003-1498-8745>e-mail: va88877@ukr.net**ШТОНДА ОКСАНА**

Національний університет біоресурсів і природокористування,

<https://orcid.org/0000-0002-7085-6133>e-mail: oasht@ukr.net

АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ТА БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛКОВИХ ТЕКСТУРАТИВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

В роботі розглянуто актуальність створення білкових текстуратів з використанням нетрадиційної сировини. Проведено порівняльну характеристику за вмістом незамінних амінокислот основної сировини, зроблено розрахунок амінокислотного скору і показників біологічної цінності злаково-соевого текстурованого продукту та соєвого текстурату. Об'єктом дослідження став злаково-соевий текстурований продукт в рецептурі якого соєве знежирене борошно частково замінювали на борошно пивної дробини. Пивна дробина є відходом пивоваріння та потребує утилізації, щодо вирішення питань з екологічної безпеки суспільства. Один з шляхів утилізації є використання пивної дробини в якості білкової сировини при розробці нових видів харчових продуктів.

Проаналізувавши сировину для виробництва текстуратів, визначили, що найменша кількість незамінних амінокислот спостерігалась в соєвому знежиреному борошні. Соевий шрот, пшеничний глютен та борошно пивної дробини мають приблизно однакову кількість ізолейцину – 4,1-4,63 г/100 г білка, метіоніну+цистину – 2,73-3,51 г/100 г білка, та треоніну – 2,54-3,64 г/100 г. Встановили, що для злаково-соевого текстурованого продукту і соєвого текстурату лімітуючою амінокислотою є гістидин, за яким визначали біологічну цінність та ступінь засвоєння білків. Найбільш збалансованим виявився злаково-соевий текстурований продукт, який має вищий коефіцієнт утилітарності білку, відповідно 72,16 % та біологічну цінність - 80,4 %. Отримане значення КРАС для злаково-соевого текстурованого продукту складає 19,6 %, для соєвого текстурату – 20,7 %. Біологічна цінність соєвого текстурату – 79,3 %.

Дані, наведені у статті дозволяють зробити висновок, що пивна дробина - це цінна білкова вторинна сировина, яка може бути використана у технологіях продуктів харчування, зокрема у ковбасних виробках та м'ясних напівфабрикатах.

Ключові слова: борошно пивної дробини, знежирене соєве борошно, амінокислотний скор, незамінні амінокислоти, утилізація.

CHEPURNA OKSANA**OKSANA SHTONDA**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

AMINO ACID COMPOSITION AND BIOLOGICAL VALUE OF PROTEIN TEXTURES USING UNCONVENTIONAL RAW MATERIALS

The paper examines the relevance of creating protein textures using unconventional raw materials. A comparative analysis of the essential amino acids content of the main raw materials was conducted, along with the calculation of the amino acid score and biological value indicators of cereal-soy textured product and soy textured product. The object of research was a cereal-soy textured product in the formulation of which soybean low-fat flour was partially replaced with brewer's grains flour. Brewer's grains are a byproduct of the brewing industry that requires disposal to address environmental safety concerns. One possible utilization method is to use brewer's grains as a protein raw material in the development of new types of food products.

An analysis of the raw materials used in the experimental textured products revealed that the lowest content of essential amino acids was observed in defatted soybean flour. Soybean meal, wheat gluten, and brewer's grain flour have approximately the same amount of isoleucine - 4.1-4.63 g/100 g of protein, methionine+cystine - 2.73-3.51 g/100 g of protein, and threonine - 2.54-3.64 g/100 g. It was established that histidine was the limiting amino acid for cereal-soy textured product and soy textured product, which was used to determine the biological value and degree of protein digestion. The most balanced was cereal-soy textured product, which has a higher protein utilisation factor of 72.16% and biological value of 80.4%, respectively. The obtained value of the amino acid imbalance coefficient for cereal-soy textured product is 19.6%, for soy textured product - 20.7%. The biological value of soy textured product is 79.3%.

The data presented in the article allow us to conclude that brewer's grain is a valuable protein secondary raw material that can be used in food production technologies, particularly in sausage products and meat semi-finished products

Key words: brewer's grains flour, defatted soybean flour, amino acid score, essential amino acids, utilisation

Постановка проблеми

Останнім часом у світі, в зв'язку з дефіцитом м'ясної сировини, суспільство потребує раціональної повноцінної її заміни на альтернативну сировину. Відомо, що м'ясо є одним із найцінніших продуктів харчування з високою харчовою цінністю і є джерелом біологічно необхідних, незамінних речовин [1].

Найбільш цінним в м'ясних продуктах вважається тваринний повноцінний білок, який має збалансований амінокислотний склад. В організмі людини синтезується лише частина амінокислот які називають замііними, інші надходять з продуктами харчування – це незамінні [2]. Головною ознакою білків м'яса є те, що до складу їх молекул поряд з іншими амінокислотами входять всі незамінні амінокислоти [1].

Враховуючи високу вартість тваринних білків, заміна їх на рослинні є актуальним питанням сьогодення. Вважається, що сприятливим співвідношенням амінокислот наближеним за складом до тваринного білка є рослинний білок бобових культур [3]. Бобові мають високу харчову цінність, забезпечують організм людини вітамінами, мінеральними речовинами, ненасиченими жирними кислотами, складними вуглеводами та білками [4]. Науковцями проводяться дослідження, щодо потенційних переваг рослинних білків, а саме можливої профілактики таких захворювань, як онкологія, інфаркт, інсульт та цукровий діабет [5]. Найкращим джерелом білка бобових культур вважається соя, з якої отримують такі напівфабрикати як білкові концентрати, ізоляти, текстурати та інші. Переважно їх використовують в м'ясопереробній промисловості для виробництва комбінованих м'ясних продуктів. Таке поєднання рослинних і тваринних білків зумовлено, насамперед, економічною ефективністю, технологічними перевагами та покращенню харчової цінності м'ясних виробів [6]. Особливою популярністю при виробництві веганських продуктів користується білковий текстурат. Білковий текстурат - це продукт, який за зовнішнім виглядом, смаком, консистенцією і певною мірою харчовою цінністю нагадує м'ясо [7]. Його також можна назвати імітацією м'яса, штучним м'ясом або заміником м'яса [8]. Для розширення асортименту білкових текстурованих продуктів авторами статті [9] запропоновано часткову заміну соєвого борошна на борошно пивної дробини. Відомо, що пивна дробина це відхід пивоварної промисловості, утилізація якої є проблемою виробників. Тому використання її в якості харчових інгредієнтів у хлібопекарській та м'ясопереробній промисловості, останнім часом, набуває все більшої популярності [10].

Пивна дробина багата на харчові волокна (30–50 %), головним чином арабіноксилан, білок (19–30 %), містить низький вміст жиру та крохмалю [11]. Крім значної частки білка, пивна дробина містить високий рівень незамінних амінокислот, які складають приблизно 30 % від загального білка [12]. Однак амінокислотний склад пивної дробини відрізняється від соєвого борошна. Тому отриманий злаково-соєвий текстурований продукт потребує проведення комплексу досліджень щодо його біологічної цінності за амінокислотним складом.

Аналіз останніх досліджень

Огляд літературних джерел засвідчує про значну кількість досліджень, щодо можливості використання пивної дробини в харчових продуктах. Цей інтерес, обумовлений насамперед, низькою вартістю, доступністю і цінним хімічним складом. [13]. Як наслідок, багато науковців зосереджують свою увагу саме на біологічній цінності пивної дробини. В роботі [14] проведено порівняльну характеристику, за амінокислотним складом, пивної дробини отриманої з світлих і темних сортів солоду. Визначено, що у дробині отриманої із світлого солоду кількість амінокислот була вища, ніж з темного. Це пояснюється тим, що високотемпературна обробка, при виробництві темних сортів солоду, сприяє проходженню реакції меланоїдиноутворення, внаслідок якої відбувається розщеплення амінокислот з утворенням альдегідів, які надають суслу і пиву характерного аромату і коричневого кольору [15].

Відомо, що рослинні білки містять 20 амінокислоти з яких 9 незамінних [16]. За участі незамінних амінокислот рослинного білка відбувається біосинтез таких сполук як білки, пептиди, аміни, алкалоїди, а також - хлорофіли, аміноцукри, вітаміни і коферменти, фітогормони та інших речовин [17]. Незамінні амінокислоти та їх біологічне значення наведені в таблиці 1 [18].

Таблиця 1

Незамінні амінокислоти та їх біологічне значення

№	Назва	Скорочена назва	Біологічне значення
1	Валін (α -аміноізовалеріанова кислота)	Вал (Val)	Входить до складу міоглобіну, казеїну, еластину. Бере участь у синтезі глікогену, пантотенової кислоти. Нормалізує дію нервової системи.
2	Лейцин (α -аміноізокапронова кислота)	Лей (Leu)	Входить до складу міозину, фібрину. Зміцнює імунітет, укріплює серцево-судинну систему, сприяє зниженню цукру.
3	Ізолейцин (α -аміно- β -етилвалеріанова кислота)	Іле (Ile)	Знижує вміст холестерину, цукру. Бере участь у синтезі глікогену та гемоглобіну.
4	Лізин (α , ϵ -діамінокапронова кислота)	Ліз (Lys)	Бере участь у синтезі гормонів, ферментів, антитіл. Регулює процес кровотворення, поліпшує абсорбцію кальцію.
5	Метіонін (α -аміно- γ -метілтіомасляна кислота)	Мет (Met)	Донор метальної групи для сполук, що є попередниками адреналіну, холіну, креатину, мелатоніну. Сприяє регенерації печінки і нирок, розщеплює холестерин.
6	Триптофан (α -аміно- β -індолілпропіонова кислота)	Три (Try)	Зміцнює імунітет, укріплює серцево-судинну систему, поліпшує травлення, є антидепресантом. Донор метальної групи для сполук, що є попередниками сератоніну, мелатоніну.

Продовження таблиці 1

7	Фенілаланін (α -аміно- β -фенілпропіонова кислота)	Фен (Phe)	Перетворюється на тирозин під дією фенілаланінгідролази, відсутність якої спричинює розвиток фенілкетонурії. Покращує пам'ять, поліпшує функціонування кровоносної системи, є антидепресантом.
8	Треонін (α -аміно- β -оксимасляна кислота)	Тре (Thr)	Використовується для синтезу колагену, еластину. Бере участь у обміні ліпідів. Поліпшує травлення, детоксикатор.
9	Гістидин (α -аміно- β -імідазолілпропіонова кислота)	Гіс (His)	Розширює судини, знижує кров'яний тиск, підсилює секрецію HCl і пепсину в шлунку. Сприяє видаленню важких металів.

Відсутність в їжі хоча б однієї незамінної амінокислоти спричиняє від'ємний азотистий баланс, порушення центральної нервової системи, зупинки росту. Нестача однієї призводить до неповного засвоєння інших.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: визначення біологічної цінності злаково-соевого текстурованого продукту з частковою заміною знежиреного соєвого борошна на борошно пивної дробини.

Виклад основного матеріалу

В роботі проведено порівняння сировини текстурованих продуктів за амінокислотним складом, а саме: соєвого знежиреного борошна [19], соєвого шроту [20], пшеничний глютену [21] та борошна пивної дробини [22]. Отримані результати наведені на рисунку 1.

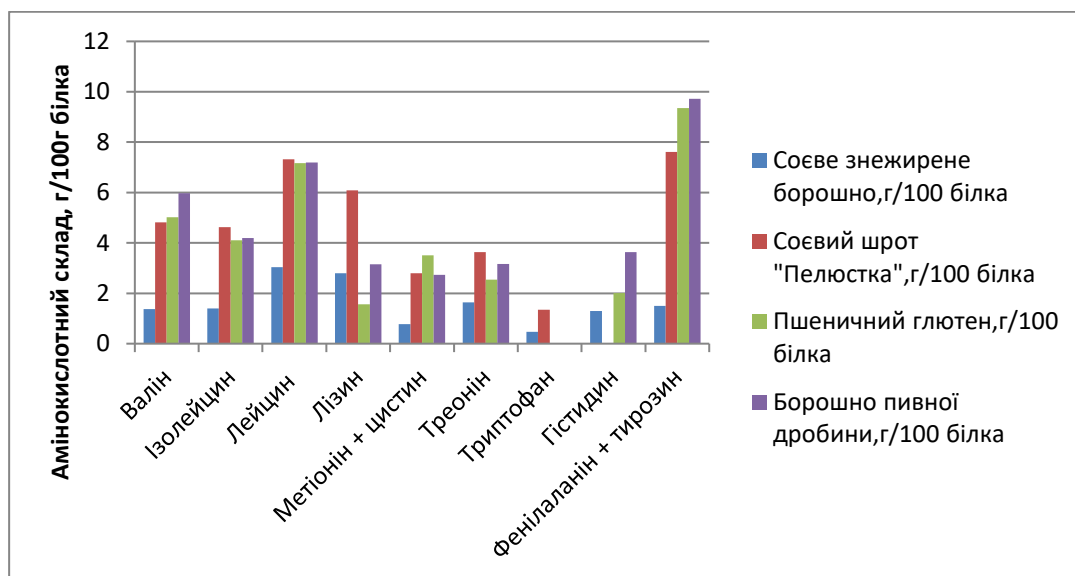


Рис.1. Порівняльний аналіз вмісту незамінних амінокислот у рослинних білках

За результатами досліджень (рис.1) визначили, що найменший вміст амінокислот спостерігається у соєвому борошні. Соєвий шрот, пшеничний глютен та борошно пивної дробини мають приблизно однакову кількість ізолейцину – 4,1-4,63 г/100 г білка, метіоніну+цистину – 2,73-3,51 г/100 г білка, треоніну – 2,54-3,64 г/100 г., також слід визначити, що білок борошна пивної дробини по всім амінокислотам має суттєві переваги відносно білка соєвого знежиреного борошна.

Для визначення біологічної цінності білка використовують метод, згідно з яким розраховують показник амінокислотного скору (АКС): відношення вмісту незамінної амінокислоти (а.к.) в досліджуваному білку до її кількості в еталонному білку. Формула (в%) має вигляд: [2].

$$\text{АКС} = \frac{\text{мг а.к. в 1 г білка}}{\text{мг а.к. в 1 г етанолу}} \cdot 100.$$

Отримані результати наведені на рисунку 2.

Розрахований амінокислотний скор показує, що білки злаково-соевого текстурованого продукту є цінним джерелом фенілаланіну+тирози. Скор за цією амінокислотою відповідає «еталонному» білку. За вмістом ізолейцину та треоніну наближається до «еталону» – 78,38 % та 76,85 %. Найменші показники амінокислотного скору було відзначено за гістидином і лізином – 51,33 % і 57,96 %. Щодо соєвого текстурованого продукту, то найвищий показник амінокислотного скору має фенілаланін + тирозину – 94,02 %, який на 5,3 % нижчий за показник у злаково-соевому текстурованому продукті. Також слід

відзначити, що амінокислотний скор ЗСТП має дещо вищі показники АС відносно соєвого текстурату, а саме: валіну на 3,8 %, ізолейцину-1,5 %, метіонін+цистину – 2,14 %. Обидва досліджувані зразки мали приблизно однаковий скор по лейцину – 67,19 та 67,03 %. Лімітуючою амінокислотою в обох зразках є гістидин: ЗСТП – 51,33 %, у соєвому текстураті показник менший на 2,9 % і становив 49,83 %.

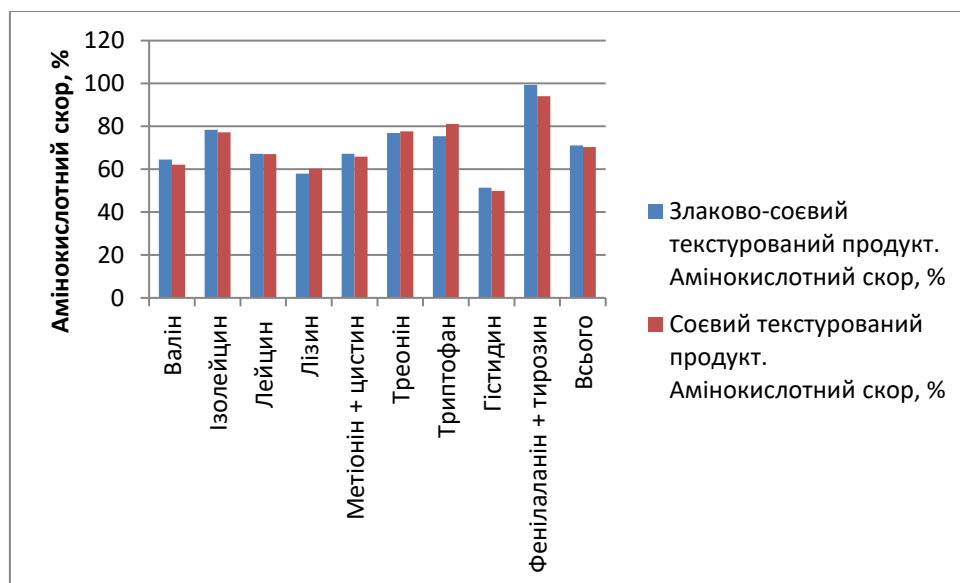


Рис.2. Амінокислотний скор злаково-соєвого текстурованого продукту та соєвого текстурату

Розрахований амінокислотний скор не може повною мірою відображати біологічну цінність білка, тому що не враховує його збалансованість за всіма незамінними амінокислотами [23]. Тому для визначення біологічної цінності білка текстурованих продуктів було розраховано коефіцієнт утилітарності, який показує рівень засвоюваності білка за формулою:

$$U = \text{АКС}_{\min} \frac{\sum_{k=1}^9 \text{НАК}_{\text{д.б.}}}{\sum_{k=1}^9 \text{НАК}_{\text{б.}}} \cdot 100,$$

де $\text{АКС}_{\min}$ – амінокислотний скор лімітованої незамінної амінокислоти, %;

$\sum_{k=1}^9 \text{НАК}_{\text{д.б.}}$ – сумарний вміст незамінних амінокислот в білку продукту, мг/100г білку;

$\sum_{k=1}^9 \text{НАК}_{\text{б.}}$ – сумарний вміст незамінних амінокислот в еталонному білку, г/100г білку.

Для оцінки ступеня використання білка здійснено розрахунок коефіцієнту розбалансованості амінокислотного складу (КРАС) [24] за формулою:

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_{i=1}^9 (\text{АКС}_i - \text{АКС}_{\text{л}})}{9},$$

де АКС_i – значення амінокислотного скору i -тої амінокислоти, %;

$\text{АКС}_{\text{л}}$ – значення амінокислотного скору лімітуючої амінокислоти, %.

Розрахунок біологічної цінності зразків здійснювали за формулою [25].

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \%$$

Отримані данні наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Біологічна цінність дослідних текстуратів					
Продукт	Вміст білку, %	АКС _{min} , %	U, %	КРАС, %	БЦ, %
Злаково-соєвий текстурований продукт	45,0	51,33	72,16	19,6	80,4
Соєвий текстурат	45,0	49,83	70,9	20,7	79,3

Авторська розробка

Найбільш збалансованим виявився ЗСТП, який має вищий коефіцієнт утилітарності білку, відповідно 72,16% та біологічну цінність - 80,4%. Отримане значення КРАС для ЗСТП складає 19,6%, для СТП – 20,7%. Біологічна цінність СТП – 79,3%.

Висновки

Отримані значення дозволяють зробити висновок, що розроблений злаково-соєвий текстурований продукт, в якому соєве знежирене борошно частково замінювали на борошно пивної дробини, дозволить не тільки вирішити питання пов'язані з утилізацією відходів пивоваріння, а і отримати продукт з високою біологічною цінністю.

Література

1. Янчева, М. О., Пешук, Л. В., & Дроменко, О. Б. (2009). *Фізико-хімічні та біологічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: Навчальний посібник*. Київ: Центр учбової літератури.
2. Скоробогатий, Я. П., Гузій, А. В., & Заверуха, О. М. (2020). *Харчова хімія: Підручник*. Львів: Новий світ – 2000.
3. Kristensen, M. D., et al. (2016). Meals based on vegetable protein sources (beans and peas) are more satiating than meals based on animal protein sources (veal and pork)—a randomized cross-over meal test study. *Food & Nutrition Research*, 60(1), 32634. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.32634>
4. Maphosa, Y., & Jideani, V. A. (2017). The role of legumes in human nutrition. In Hueda, M. C. (Ed.), *Functional Food—Improve Health through Adequate Food* (pp. 103-121). IntechOpen.
5. Sharma, V., & Thakur, V. (2022). Horsegram (*Macrotyloma uniflorum*): An underutilized pulse crop as a sustainable plant-based protein. *Future Food: Journal of Food, Agriculture and Society*, 10, 1-12.
6. Пешук, Л. В., & Носенко, Т. Т. (2011). *Біохімія та технологія оліє-жирової сировини: Навчальний посібник*. Київ: Центр учбової літератури.
7. Wild, F. (2016). *Manufacture of meat analogues through high moisture extrusion*. Elsevier.
8. Bakhsh, A., Lee, S.-J., Lee, E.-Y., Hwang, Y.-H., & Jo, S. (2021). Traditional plant-based meat alternatives, current and a future perspective: A review. *Journal of Agricultural and Life Science*, 55, 1–10.
9. Cherpurna, O., & Shtonda, O. (2024). Application of brewer's spent grain in the technology of protein texturates for the meat processing industry. *Animal Science and Food Technology*, 15(4), 120-131. <https://doi.org/10.31548/animal.4.2024.120>
10. Neylon, E., et al. (2021). Fermentation as a tool to revitalise brewers' spent grain and elevate techno-functional properties and nutritional value in high fibre bread. *Foods*, 10(7), 1639.
11. Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent grain: A review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122, 553–568.
12. Waters, D. M., Jacob, F., Titze, J., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2012). Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. *European Food Research and Technology*, 235, 767–778.
13. Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1264-1275.
14. Connolly, A., Piggott, C. O., & Fitzgerald, R. J. (2013). Characterisation of protein-rich isolates and antioxidative phenolic extracts from pale and black brewers' spent grain. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(8), 1670-1681.
15. Домарецький, В. А. (2004). *Технологія солоду і пива: Підручник для студентів вищих навчальних закладів*. Київ: ІНКОС.
16. Чечуй, О. Ф. (2021). *Біохімія рослин: навчальний посібник*. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва.
17. Зубар, Н. М. (2021). *Основи фізіології та гігієни харчування: Підручник*. Київ: Центр учбової літератури.
18. Павловська, Л. Ф., Дуденко, Н. В., & Дмитрієвич, Л. Р. (2007). *Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів: Навчальний посібник*. Суми: ВТД «Університетська книга».
19. Дробот, В. І., Арсеньєва, Л. Ю., & Махінко, В. М. (2001). Удосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів з соєвими продуктами.
20. Матвєєва, Т., et al. (2021). Розробка харчових систем підвищеної біологічної цінності на основі олієвмісної сировини та борошна. *Вісник аграрної науки*, 99(5), 72-79.
21. Rombouts, I., et al. (2009). Wheat gluten amino acid composition analysis by high-performance anion-exchange chromatography with integrated pulsed amperometric detection. *Journal of Chromatography A*, 1216(29), 5557-5562.
22. Jaeger, A., et al. (2021). Barley protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein. *Foods*, 10(6), 1389.
23. Стеценко, Н. О., & Гойко, І. Ю. (2022). Комп'ютерне моделювання рецептури комбінованого рослинного протеїну для харчування спортсменів. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 110-115.
24. Шведюк, Д. А., et al. (2017). Амінокислотний склад та біологічна цінність м'ясних напівфабрикатів з використанням рослинної сировини та білково-жирових емульсій. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Харчові технології*, 19(80), 111-114.
25. Маєвська, Т. (2015). Амінокислотна збалансованість білків промитих рибних фаршів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 21(2), 197–202.

References

1. Yancheva, M. O., Peshuk, L. V., & Dromenko, O. B. (2009). *Fizyko-khimichni ta biolohichni osnovy tekhnolohii miasa ta miasoproduktiv: Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury.

2. Skorobohaty, Ya. P., Huzii, A. V., & Zaverukha, O. M. (2020). *Kharchova khimiia: Pidruchnyk*. Lviv: Novyi svit – 2000.
3. Kristensen, M. D., et al. (2016). Meals based on vegetable protein sources (beans and peas) are more satiating than meals based on animal protein sources (veal and pork)—a randomized cross-over meal test study. *Food & Nutrition Research*, 60(1), 32634. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.32634>
4. Maphosa, Y., & Jideani, V. A. (2017). The role of legumes in human nutrition. In Hueda, M. C. (Ed.), *Functional Food – Improve Health through Adequate Food* (pp. 103-121). IntechOpen.
5. Sharma, V., & Thakur, V. (2022). Horsegram (*Macrotyloma uniflorum*): An underutilized pulse crop as a sustainable plant-based protein. *Future Food: Journal of Food, Agriculture and Society*, 10, 1-12.
6. Peshuk, L. V., & Nosenko, T. T. (2011). *Biokhimiia ta tekhnolohiia oliie-zhyrovoy syrovyny: Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury.
7. Wild, F. (2016). *Manufacture of meat analogues through high moisture extrusion*. Elsevier.
8. Bakhsh, A., Lee, S.-J., Lee, E.-Y., Hwang, Y.-H., & Jo, S. (2021). Traditional plant-based meat alternatives, current and a future perspective: A review. *Journal of Agricultural and Life Science*, 55, 1–10.
9. Chepurna, O., & Shtonda, O. (2024). Application of brewer's spent grain in the technology of protein texturates for the meat processing industry. *Animal Science and Food Technology*, 15(4), 120-131. <https://doi.org/10.31548/animal.4.2024.120>
10. Neylon, E., et al. (2021). Fermentation as a tool to revitalise brewers' spent grain and elevate techno-functional properties and nutritional value in high fibre bread. *Foods*, 10(7), 1639.
11. Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent grain: A review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122, 553–568.
12. Waters, D. M., Jacob, F., Titze, J., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2012). Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. *European Food Research and Technology*, 235, 767–778.
13. Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1264-1275.
14. Connolly, A., Piggott, C. O., & Fitzgerald, R. J. (2013). Characterisation of protein-rich isolates and antioxidative phenolic extracts from pale and black brewers' spent grain. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(8), 1670-1681.
15. Domaretskyi, V. A. (2004). *Tekhnolohiia solodu i pyva: Pidruchnyk dlia studentiv vyshchyykh navchalnykh zakladiv*. Kyiv: INKOS.
16. Chechui, O. F. (2021). *Biokhimiia roslyn: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: KhNAU im. V. V. Dokuchaieva.
17. Zubar, N. M. (2021). *Osnovy fiziologii ta hihiieny kharchuvannia: Pidruchnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury.
18. Pavlovska, L. F., Dudenko, N. V., & Dymytriiievych, L. R. (2007). *Osnovy fiziologii, hihiieny kharchuvannia ta problemy bezpeky kharchovykh produktiv: Navchalnyi posibnyk*. Sumy: VTD «Universytetska knyha».
19. Drobot, V. I., Arsenieva, L. Yu., & Makhynko, V. M. (2001). *Udoskonalennia tekhnolohii vyrobnytstva khllobulochnykh vyrobiv z soievmy produktamy*.
20. Matvieieva, T., et al. (2021). Rozrobka kharchovykh system pidvyshchenoi biolohichnoi tsinnosti na osnovi oliievmsnoi syrovyny ta boroshna. *Visnyk ahranoi nauky*, 99(5), 72-79.
21. Rombouts, I., et al. (2009). Wheat gluten amino acid composition analysis by high-performance anion-exchange chromatography with integrated pulsed amperometric detection. *Journal of Chromatography A*, 1216(29), 5557-5562.
22. Jaeger, A., et al. (2021). Barley protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein. *Foods*, 10(6), 1389.
23. Stetsenko, N. O., & Hoiko, I. Yu. (2022). Kompiuterni modeliuvannia retseptury kombinovanoho roslynnoho proteinu dlia kharchuvannia sportsmeniv. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 110-115.
24. Shvediuk, D. A., et al. (2017). Aminokyslotnyi sklad ta biolohichna tsinnist miasnykh napivfabrykativ z vykorystanniam roslynnoi syrovyny ta bilkovo-zhyrovyykh emulsii. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho. Serii: Kharchovi tekhnolohii*, 19(80), 111-114.
25. Maievska, T. (2015). Aminokyslotna zbalansovanist bilkiv promytykh rybnykh farshiv. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, 21(2), 197–202.